

# BUNDESREPUBLIK DEUTSCHLAND



PCT/EP04/51639

REC'D 01 NOV 2004

WIPO

PCT

## Prioritätsbescheinigung über die Einreichung einer Patentanmeldung

### PRIORITY DOCUMENT

SUBMITTED OR TRANSMITTED IN  
COMPLIANCE WITH RULE 17.1(a) OR (b)

Aktenzeichen:

10 2004 024 058.2

Anmeldetag:

13. Mai 2004

Anmelder/Inhaber:

Continental Teves AG & Co oHG,  
60488 Frankfurt am Main/DE

Bezeichnung:

Verfahren zum analogen Regeln oder Steuern  
der Stoßkraft und damit des Durchflusses in  
hydraulischen Ventilen

IPC:

H 01 F, B 60 T, G 01 R

Die angehefteten Stücke sind eine richtige und genaue Wiedergabe der ursprünglichen Unterlagen dieser Patentanmeldung.

München, den 09. September 2004  
Deutsches Patent- und Markenamt  
Der Präsident  
Im Auftrag

Faust

BEST AVAILABLE COPY

Continental Teves AG & Co. oHG

12.04.2004

P 10949

GP/BR/ad

W. Jöckel

M. Heinz

M. Engelmann

W. Fey

**Verfahren zum analogen Regeln oder Steuern der Stößelkraft  
und damit des Durchflusses in hydraulischen Ventilen**

Es ist bekannt, in ABS-Steuergeräten für Kraftfahrzeugbremsysteme, aber auch in sogenannten Fahrdynamikreglern mit zusätzlichen Funktionen wie ESP etc., elektromagnetisch ansteuerbare Ventile zur Regelung des Hydraulikdrucks einzusetzen.

Bei neueren Generationen von Hydraulikregelvorrichtungen werden sogenannte Analog/Digital-Ventile bzw. analogisierte Ventile eingesetzt. Ein Analog/Digitalventil ist ein Schaltventil, welches so betrieben wird, dass dieses eine analoge Regelung des Druckgradienten am Ventil ermöglicht.

Ein Verfahren zur Erkennung des Schaltpunktes des Ventils, insbesondere zur Bestimmung der Druckverhältnisse aus dem Stromverlauf des Ventilansteuerstromes geht aus der EP 0 813 481 B1 (P 7565) hervor.

Im Prinzip lässt sich der Druckgradient, den das Ventil aufbaut, über den Spulenstrom einstellen. Allerdings ist hierzu eine aufwendige Kalibrierung notwendig. Hierzu werden, wie z.B. in der WO 01/98124 A1 (P 9896) beschrieben, Kennlinien für die Ventile ermittelt und in Abhängigkeit vom gewünschten Druckgradienten mit Hilfe der Kennlinien berechnete

- 2 -

Sollströme eingestellt. Der Volumenstrom  $Q$  hängt demzufolge über die Kennlinie  $f$  vom Differenzstrom  $\Delta p$  und vom Strom  $I$  ab.

Die unveröffentlichte DE 103 21 783.5 (AT 14.5.03, P 10697, Gronau, Burkhard, Loos) beschreibt ein Lernverfahren für Ventilkennlinien von Analogventilen bzw. analogisierten Schaltventilen. Nach dem beschriebenen Verfahren wird eine Kalibrierung dieser Hydraulikventile vorgenommen, indem während des Betriebs der ABS-Bremsvorrichtung eine Ansteuerkennlinie oder entsprechende Korrekturgrößen zur Korrektur einer vorhandenen Ansteuerkennlinie ermittelt wird/werden. Die Kennlinien oder Korrekturgrößen für das Ventil werden mittels eines Lernverfahrens ermittelt. Das Lernverfahren kann sich über mehrere Zyklen der Blockierschutzregelung hinweg erstrecken. In jedem geeigneten Zyklus wird mit Hilfe der aus dem aktuellen Zyklus ermittelten Parameter nach einer rekursiven Formel eine genauere Kennlinie oder eine genauere Korrekturgröße ermittelt. Zur Berechnung der genaueren Kennlinie oder Korrekturgröße werden die während einer Radregelung benötigten Druckaufbauzeiten gesammelt. Dann werden jeweils auf Grundlage der vorliegenden gesammelten Druckaufbauzeiten korrigierte Kennlinie oder Korrekturgrößen berechnet. Speziell wird mittels des Lernverfahrens für ein Ventil eine Korrekturgröße  $k$  gebildet, welche mit einer vorgegebenen Ansteuerkennlinie des Ventils zur Bildung einer korrigierten Ansteuerkennlinie verknüpft wird. Die Korrekturgröße  $k$  wird gebildet nach einer geeigneten rekursiven mathematischen Formel.

Nach den bekannten Verfahren werden also, bei bekanntem (gemessenen) Differenzdruck, anhand von Gradientenkennlinien Spulenströme eingepreßt und damit der Druckgradient eingestellt.

Es hat sich gezeigt, dass dennoch die sich ergebenden Kennlinien immer noch eine zwar geringfügige, aber doch unerwünschte Streuung aufweisen, so dass die Einstellung des gewünschten Druckgradienten nicht mit der beabsichtigten Genauigkeit genau erfolgen kann. Hierdurch ist das Regelverhalten des Bremssystems z.B. innerhalb einer Bremsschlupfsituation nicht optimal (Verlust an Bremsweg). Eine Verbesserung ergibt sich zunächst einmal dadurch, dass für jedes eine Fertigungslinie verlassendes Steuergerät individuell eine Kalibrierung der Ventile vorgenommen wird. Hierzu werden insbesondere Kennlinien mittels einer geeigneten Messanordnung aufgenommen und geeignete Kalibrierdaten, die aus den diesen Kennlinien gewonnen werden, an einen mit dem Steuergerät verbundenen oder verbindbaren Regler, insbesondere an einen darin enthaltenen elektronischen Speicher, übertragen. Die Genauigkeit dieser an sich bekannten Kalibriermethode ist jedoch für moderne Kfz-Regelungen immer noch nicht genau genug. Die Ursachen für die verbleibenden Streuungen der Kennlinien bzw. insbesondere deren Gradienten rühren überwiegend von den Toleranzen der Mechanik, z.B. der schwankenden Federkraft, und des magnetischen Feldlinienkreises (Luftspalt etc.) her.

In dem bereits zu einem früheren Zeitpunkt zum Patent angemeldeten Verfahren bzw. der entsprechenden Vorrichtung wird ohne den Einsatz von zusätzlichen Sensorelementen oder elektronischen Bauelementen eine genauere Ansteuerung der weiter

- 4 -

oben beschriebenen Hydraulikventile durchgeführt, wobei bei der beschriebenen Anordnung die Istgröße für den Regelkreis von einer aufwendigen Schaltung zur Messung des zeitlichen Integrals über der zeitabhängigen Induktionsspannung zur Verfügung gestellt wird. Ziel dieser Erfindung ist es unter anderem, die Schaltung zur Messung dieses Integrals zu vereinfachen.

Diese Aufgabe wird durch das Verfahren in Anspruch 1 und die Vorrichtung in Anspruch 3 gelöst.

Ein weiteres Ziel der Erfindung ist es, in dem besagten Verfahren oder der entsprechenden Vorrichtung, das/die eine genauere Ansteuerung von Ventilen ohne den Einsatz von zusätzlichen Sensorelementen oder elektronischen Bauelementen im Ventil ermöglicht, die Schaltung zur Messung der zeitabhängigen Induktivität der Spulen in den Hydraulikventile zu vereinfachen.

Diese Aufgabe wird gelöst durch das Verfahren in Anspruch 3

Weitere Ausführungsformen ergeben sich aus den Unteransprüchen.

Gemäß dem bereits früher angemeldeten unveröffentlichten Verfahren zur Kalibrierung von Ventilen werden die erforderlichen Kalibrier-Kennlinien oder Parameter zur Kalibrierung ohne die Verwendung von Druckbeaufschlagungen des Ventils ermittelt. Hierdurch entfällt beispielsweise die Druckbeaufschlagung während der Ermittlung der Kennlinien oder Parameter mittels einer pneumatischen oder hydraulischen Messanordnung, mit der gemäß dem bekannten Stand der Technik defi-



nierte Druckdifferenzen am zu messenden Ventil eingestellt werden. Hierdurch ergibt sich unter anderem der Vorteil, dass ein hergestelltes Ventil bzw. eine ganze Hydraulikeinheit nicht, wie dies bisher erforderlich war, in einem Prüfstand individuell unter Verwendung von definierten Drücken ausgemessen werden muss. Das Verfahren der Erfindung vereinfacht dieses unveröffentlichte Verfahren bzw. die entsprechende Vorrichtung nochmals. Eine elektronische Steuerung, die an das Ventil bzw. an die Hydraulikeinheit angeschlossen ist, kann auf diese Weise die elektromechanischen Eigenschaften des Ventils und damit die entsprechenden elektrischen, hydraulischen und mechanischen Toleranzen besonders einfach selbstständig ausmessen.

Das Verfahren bietet weiterhin den Vorteil, dass das Verfahren beliebig oft, insbesondere in regelmäßigen Abständen auch nach dem Einbau in ein Fahrzeug selbstständig durchgeführt werden kann. Hierdurch ist es möglich, dass sich das System in regelmäßigen Abständen neu kalibriert. Auf diese Weise ist es außerdem erstmals möglich, auch Verschleißerscheinungen oder etwaige Veränderungen der Anordnung auf Grund von äußeren Einflüssen, die nach der Herstellung der Anordnung auftreten, zu berücksichtigen. Die Kennlinien können also ohne eine Messapparatur durch den Regler, auch zum Zeitpunkt nach dem Einbau in ein Fahrzeug, selbsttätig bestimmt werden. Hierdurch kann vorteilhaft ein zusätzlicher Datenübertragungsschritt von einer sonst erforderlichen Messanordnung zur Ermittlung der Kennlinien in das Steuergerät entfallen. Zum Einstellen des Durchflusses mit den ermittelten Kennlinien wird lediglich eine geschätzte oder gemessene Druckdifferenz am Ventil benötigt. Ist beispielsweise wie üblich ein Drucksensor im Bereich des Tandemhauptzylinders

vorhanden, kann der Differenzdruck auf übliche Weise aus dem Verlauf der druckbeeinflussenden Größen bestimmt werden.

Gemäß einer weiteren bevorzugten Ausführungsform der Erfindung wird das induktive Bauelement mit einer oder mehreren zusätzlichen Messelementen induktiv gekoppelt, welche insbesondere Messspulen zum Ermitteln eines Messsignals zur Verfügung stellen. Hierdurch ist es ebenfalls möglich, die Induktivität oder eine andere entsprechende magnetische Größe aus der induktiven Spannung oder dem Verlauf des Abschaltstroms zu bestimmen.

In einem Kraftfahrzeugbremssystem wird der Eingangsdruck z.B. durch die Bremspedalbetätigung bestimmt. Bekanntlich weicht zum Beispiel während eines ABS-Regelvorgangs der Eingangsdruck vom Druck in den einzelnen, zu den Bremszylindern führenden Hydraulikleitungen ab. Da im Prinzip nach dem vorhergehenden Messverfahren lediglich der am Ventil herrschende Differenzdruck bestimmbar ist, kann es erforderlich sein, den Vordruck sensorisch zu bestimmen (z.B. Drucksensor am Tandemhauptzylinder). Der Vordruck kann jedoch auch rechnerisch über Modellbetrachtungen bestimmt werden. Des weiteren ist es möglich, durch Betrachtung bestimmter Betriebszustände des Bremssystems den Druck auch ohne genaue Kenntnis des Vordrucks zu bestimmen. Auf diese Weise ist eine vollkommen drucksensorlose Druckbestimmung realisierbar. Hierdurch werden in einem ABS-ESP-Bremsensteuergerät erhebliche Kosten für zusätzliche Drucksensoren eingespart. Durch die genaue Kenntnis der Radzylinderdrücke kann erheblich genauerer Bremsenregelung durchgeführt werden. Hierdurch wird sowohl ein Antiblockiersystem als auch ein Fahrdynamikregelungssystem mit geringem Fertigungsaufwand verbessert. Durch die

gezielte und geführte Bewegung der Ankerstellung lassen sich auch störende Geräusche während eines Regelvorgangs, die von den Ventilen erzeugt werden, vermeiden oder verhindern.

Weiterhin betrifft die Erfindung auch ein Verfahren zur Differenzdruckbestimmung mit einem Hydraulikventil. Da Eigenschaften der Ventilsfeder und des magnetischen Feldlinienkreises gemessen werden können, ist es möglich, über die Stößelkraft und die bekannte Schließfläche des Ventils den Druck, welcher am Ventil anliegt, zu bestimmen.

#### Vorteile der Erfindung:

- Entfall der Kalibrierung am Bandende,
- Stößelkraft ist unabhängig vom Stößelweg,
- Federtoleranzen werden ausgeglichen,
- Die magnetischen Toleranzen (Luftspalt) werden ausgeregelt bzw. kompensiert,
- Permanente Rekalibrierung möglich,
- Ermöglicht Austauschkonzept in der Werkstatt.

Neben dem obigen betrifft die Erfindung weiterhin die Verwendung des erfindungsgemäßen Verfahrens zur Kontrolle oder Verbesserung der Fertigungsqualität, in dem der Stößelhub und/oder die Federkraft während oder unmittelbar nach der Fertigung der Ventile bzw. des hydraulischen Ventilblocks gemessen wird.

In einer weiteren bevorzugten Ausführungsform wird neben der weiter oben beschriebenen elektrischen Kalibrierung eine zusätzliche mechanische Justage durchgeführt. Bei der mecha-



nischen Justage wird beim Zusammenbau des Ventils der Restluftspalt und der Stößelhub des Ventils allein über die Betrachtung einer elektrischen Kenngröße des Ventils eingestellt. Dies erfolgt insbesondere dadurch, dass der magnetische Widerstand bei geschlossenem Ventil und der magnetische Widerstand bei geöffnetem Ventil gemessen wird. Daran kann sich dann in einem späteren elektrischen Kalibrierverfahren eine Messung anschließen, wie sie weiter oben beschrieben ist. In diesem Fall wird dann durch diese spätere Messung nur noch im wesentlichen eine Toleranz in der Charakteristik der Rückstellfeder ausgeglichen.

Weitere bevorzugte Ausführungsformen ergeben sich aus den Unteransprüchen und der nachfolgenden Beschreibung eines Ausführungsbeispiels an Hand von Figuren.

Es zeigen

- Fig. 1 eine Anordnung eines Regelkreises zur Ventilkalibrierung mit einem Rechteckformer,
- Fig. 2 eine Anordnung eines Regelkreises zur Ventilkalibrierung mit einem Integratorschaltkreis gemäß dem unveröffentlichten älteren Verfahren,
- Fig. 3 eine Anordnung eines Regelkreises zur Ventilkalibrierung mit einem Rechteckformer und einer induktiven "Pick Up"-Spule,
- Fig. 4 eine Darstellung des Verlaufs der Spannung und des Stroms bei einer typischen Spulenansteuerung eines Hydraulikventils und

Fig. 5 eine schematische Darstellung einer Schaltungsanordnung zur einfachen Messung der Zeitspanne zwischen der Zeit  $t_0$  und  $t_1$  (Rechteckformer).

Der magnetische Fluss in der Schaltung von Fig. 1 induziert beim Abschalten der Ventilspule eine Spannung  $U_L$  (Klemmspannung), so dass der Strom während des Abschaltens in einer Zeit  $T_c$  auf etwa der Wert 0 abfällt. Der Spannungsverlauf an der Spule ist in Fig. 4a) dargestellt. Der Stromverlauf geht aus Fig. 4b) hervor.

Die Größen  $R_L$  (Widerstand der Spule),  $u_L$  (eingeregelter Abkommutierspannung), sowie  $I_0$  (Ventilstrom) sind dem elektronischen Regler (ECU) bekannt. Die Zeit  $t_c$ , die proportional der Induktivität  $L$  ist, kann gemäß der in Fig. 1 dargestellten Schaltung mit einem Rechteckformer erfasst werden, welcher einen Anschluss zum induktiven Aktorbauэлемент (Ventilspule) und einen Signalausgang für die Differenzdruckregelung hat.

Im Beispiel in Fig. 4 wird eine Ventilspule im drucklosen Zustand nach Erreichen eines bestimmten Stromes (z. B.  $I = 600 \text{ mA}$ ), bei dem man sicher von einem geschlossenem Ventil ausgehen kann, abgeschaltet. Mit einem modifizierten Ansteuertreiber, wie er in der Patentanmeldung DE 102004017239.0 beschrieben ist, kann der Strom durch einen steuerbaren Halbleiterwiderstand sehr schnell (weniger als  $1 \text{ ms}$ ) abkommutiert werden, wie in Fig. 1 dargestellt ist. Dabei kann die Klemmspannung variabel und sehr genau eingestellt werden, anders als dies beispielsweise mit integrierten Zenerdioden der Fall wäre.

Die Induktivität der Spule kann aus dem Stromverlauf während des Abkommutierens zwischen Zeitpunkt  $t_0$  und Zeitpunkt  $t_1$  bestimmt werden nach der Formel:

$$u_L = L \cdot \frac{di}{dt}$$

Durch die spezielle Ansteuerung, bei der UL zwischen der Zeit  $t_0$  und  $t_1$  konstant gehalten wird, wird das zur Bestimmung der Induktivität der Spule zu berechnende zeitliche Integral über den Strom besonders einfach. Wenn der Strom nach dem Abkommutieren Null ist und der ohmsche Widerstand der Spule nicht berücksichtigt wird, kann die Induktivität der Ventilschule besonders einfach ermittelt werden:

$$L = \frac{u_L \cdot t_c}{I_0}$$

Unter Berücksichtigung eines ohmschen Widerstandes der Ventilschule  $R_L$  kann die Induktivität nach der Gleichung

$$L = \frac{-t_c \cdot R_L}{\ln\left(\frac{u_L}{I_0 \cdot R_L + u_L}\right)}$$

bestimmt werden.

Aufgrund der Messung des magnetischen Flusses zu einem Zeitpunkt nach Abschalten der Ventilschule ist dieser Aufbau nur für eine Flussssteuerung geeignet. Trotzdem werden auch hier die Federtoleranzen und die Magnetkreistoleranzen ausgegli-

chen. Der geforderte Druckgradient wird an die Recheneinheit geschickt. Der Differenzdruck ist der Recheneinheit bekannt (Drucksensor im Eingangskreis). Die Federkraft, der maximale Stößelhub und die Abhängigkeit des magnetischen Flusses vom Ventilstrom wurden in einer Messroutine ermittelt und können jederzeit rekaliбриert werden. Damit sind alle einwirkenden Kräfte und die berechnete Kraft/Weg-Funktion des Ventilstößels bekannt; es lässt sich der für den geforderten Druckgradienten erforderliche Ventilstrom berechnen.

Aus der schematischen Darstellung in Fig. 2 geht das ältere, unveröffentlichte Verfahren mit einem zusätzlichen Spulenregelkreis hervor, welches einen Integrator nutzt. Beim Einschalten und Abschalten der Ventilschule wird in der Ventilschule eine Spannung induziert, deren Integral proportional zum magnetische Fluss ist. Der geforderte Druckgradient wird an die Recheneinheit ( $\mu C$ ) geschickt. Der Differenzdruck ist der Recheneinheit bekannt. Der Differenzdruck kann zum Beispiel mittels eines Drucksensors im Eingangskreis und der Historie des Ventilbetriebs (Bilanzierung der Zuflüsse/ Abflüsse) errechnet werden. Die Federkraft und der maximale Stößelhub werden in einer Messroutine ermittelt. Die Messroutine lässt sich jederzeit, auch während des Fahrzeugbetriebs, wiederholen (Rekalibrierung). Damit sind alle einwirkenden Kräfte und die Kraft/Weg - Funktion des Ventilstößels bekannt; es lässt sich der erforderliche magnetische Fluss berechnen. Über den Spulenstrom wird der Spulenstrom so lange erhöht, bis der magnetische Fluss im Magnetkreis dem errechneten Fluss entspricht. Es handelt sich also bei dem in Fig. 2 dargestellten Beispiel um eine Stößelkraftregelung, bei der die Stößelstellung von den Druckverhältnissen am Ventil abhängig ist.

In Fig. 3 wird zur Ankopplung des erfindungsgemäßen Rechteckformers an die Spule eine Messspule verwendet.

Fig. 4 stellt schematisch ein weiteres Beispiel für einen Regelkreis dar, bei dem die Stößelposition direkt eingeregelt wird. Der magnetische Widerstand  $RM_{\text{gesamt}}$  setzt sich zusammen aus dem magnetischen Widerstand des geschlossenen Ventils und dem magnetischen Widerstand des Luftspalts (siehe rechter Teil von Fig. 4). Der magnetische Widerstand des geschlossenen Ventils lässt sich durch eine einmalige Messroutine bestimmen.  $RM_{\text{gesamt}}$  ist der Quotient aus Teta ( $= I * N$ ) und dem magnetischen Fluss  $\Phi$ . Die Größe  $RM_{\text{Luft}}$  ergibt sich aus dem Stößelhub dividiert durch  $\mu_0 * A$  ( $\mu_0$  = Permeabilitätskonstante,  $A$  = Querschnittsfläche).  $\Phi$  wird bestimmt über den an der Messspule ermittelten zeitlich integrierten Spannungsverlauf. Da  $RM_{\text{gesamt}}$  proportional zum Stößelhub ist, führt die dargestellte Regelung von  $RM_{\text{gesamt}}$  zu einer direkten Regelung des Stößelhubs. Dabei setzt die Recheneinheit den geforderten Druckgradienten in einen bestimmten Strömungsquerschnitt bzw. Stößelhub um und damit in einen magnetischen Sollwiderstand  $RM$ . Grundlage für die Berechnung sind an sich bekannte hydrodynamische Kennwerte der Ventilbaureihe, der ventilspezifische magnetische Widerstand und der Differenzdruck. Gleichzeitig wird der aktuelle Ventilstrom bestimmt und mit der Windungszahl der Erregerspule multipliziert. Das Produkt ist die Durchflutung Teta (magnetische Spannung). Die aktuelle magnetische Spannung wird durch den aktuellen magnetischen Fluss dividiert. Das Ergebnis ist der aktuelle magnetische Widerstand. Es wird ein Soll-Istwert-Vergleich durchgeführt und daraus die Stellgröße  $I$  (Spulenstrom) generiert.



Das Verfahren gemäß Beispiel in Fig. 4 bietet darüber hinaus die Möglichkeit, ohne zusätzliche Drucksensoren in den einzelnen Drucksensoren den Druck in den an das Ventil angeschlossenen Fluid-Leitungen zu bestimmen. Bei konstanter Stößelposition (die Stößelposition wird eingeregelt!) kann aus der aktuell bei dieser Stößelposition gemessenen Stößelkraft in Verbindung mit bekannten geometrischen Größen des Ventils der Druck auf an sich bekannte Weise ausgerechnet werden.

Fig. 5 zeigt, wie ein geeigneter Rechteckformer schaltungsmäßig aufgebaut sein kann:

Ein erster Spannungsteiler, bestehend aus  $R_1$  und  $9R_1$  reduziert die hohen Spannungswerte  $U_0$  am Signaleingang  $S+$  des Komparators  $I_1$  um den Faktor 10, um mit normalen Logikpegeln arbeiten zu können. Ein zweiter Spannungsteiler erzeugt am Eingang  $S-$  des Komparators eine Referenzspannung, die gleich der halben Logikversorgungsspannung ist. Der Komparator  $I_1$  bewertet die Differenz der Signale  $S+$  und  $S-$ .

Während einer an sich bekannten pulsweiten modulierten (PWM-) Regelung des Ventilstromes steigt die Spannung an  $U_0$  auf maximal ca. 18V, so dass der Eingang  $S+$  niemals größer als 2.5V wird. Der Ausgang des Komparators bleibt somit auf "logisch 0".

Zu Beginn einer Abkommutierung steigt die Spannung  $U_0$  jedoch auf beispielsweise 35V an, wodurch  $S+$  mit dann 3.5V deutlich höher als  $S-$  liegt. Die Folge davon ist ein Umschalten des Komparators auf "logisch 1", bis die Spannung  $U_0$  entsprechend

dem Ende der Abkommutierung wieder auf 0V abfällt. Danach schaltet auch der Komparator wieder auf "logisch 0" um. Somit entspricht die Dauer der "logischen 1" am Ausgang des Komparators genau der Dauer  $t_c$  der Abkommutierung. Das Komparatorsignal kann sehr zeitgenau von dem in Fig. 1 dargestellten Mikrocontroller erfasst und weiterverarbeitet werden.

Mit Hilfe des Zusammenhangs  $R_m = \frac{N^2}{L}$  kann sodann der magnetische Widerstand der Ventilschule bestimmt werden ( $N$  = Windungszahl der Spule).

Das beschriebene Vorgehen kann bei einem kleineren Startstrom  $I_0$  auch für die Ermittlung des magnetischen Widerstands des geöffneten Ventils benutzt werden.

Mit Kenntnis von Federkraft und magnetischer Kraft (durch Bestimmen des magnetischen Widerstands) kann für eine anliegende hydraulische Kraft der einzustellende Strom für einen bestimmten Druckgradienten ermittelt werden. Dieser ergibt sich aus dem Kräftegleichgewicht, wie dies bereits weiter oben in Zusammenhang mit dem älteren, unveröffentlichten Verfahren beschrieben wurde.

**Patentansprüche**

1. Verfahren zum Ermitteln des magnetischen Flusses in mindestens einem über eine Treiberstufe elektrisch ansteuerbaren induktiven Aktor-Bauelement durch Auswertung oder Einstellen der am Aktor-Bauelement induzierten Spannung  $U_L$  mittels einer elektronischen Messeinrichtung, wobei die am induktiven Bauelement anliegende Spannung aktiv durch die Messeinrichtung oder die elektronische Ansteuerung des induktiven Aktor-Bauelements auf einem im wesentlichen konstanten Wert gehalten wird und die Zeit  $t_1$  bestimmt wird, in der der durch das induktive Bauelement und die Messeinrichtung fließende Strom beim Einschalten oder Abschalten eine Spannung induziert.
2. Verfahren nach Anspruch 1, worin die Abschaltzeit  $t_c$  oder die Anschaltzeit des Aktorbauelements bestimmt wird.
3. Vorrichtung zum Ermitteln des magnetischen Flusses bzw. der Induktivität eines induktiven Aktor-Bauelements, insbesondere nach dem Verfahren gemäß Anspruch 1 oder 2, **gekennzeichnet** durch eine Messeinrichtung (Rechteckformer), welche einen Signaleingang und einen Signalausgang umfasst, wobei der Signaleingang elektrisch mit dem induktiven Bauelement verbunden ist und der Ausgang ein elektrisches Signal bereitstellt, welches eine Information über die Zeit enthält, die benötigt wurde, um die Spule bei konstanter Spannung zu "entladen" oder zu "laden", d.h. bis das durch das induktive Bauelement erzeugte Magnetfeld im wesentlichen gleich Null ist oder den gewünschten Maximalstrom erreicht hat.

4. Vorrichtung nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, dass der Signalausgang als Istwert einer Regelschaltung zugeführt wird, deren Regelgröße der Strom durch das induktive Bauelement ist.
5. Verfahren zur Kalibrierung oder mechanischen Justage mindestens eines elektrisch ansteuerbaren Magnetventils zum Regeln des Durchflusses eines Fluids, insbesondere in einer hydraulischen Vorrichtung zur Bremsenregelung, bei dem die Druckbeeinflussung, welche das Ventil erzeugt, durch die Art der elektrischen Ansteuerung des Ventils im Voraus auch ohne die Verwendung von Drucksensoren bestimmt werden kann, in dem Kennlinien oder Parameter für das Ventil ermittelt werden, so dass vermittels der Kennlinien oder Parameter ein Solldurchfluss in Abhängigkeit von der Stromstärke eingestellt werden kann, dadurch **gekennzeichnet**, dass die Kennlinien oder Parameter ohne die Verwendung von Druckbeaufschlagungen des Ventils mittels einer Vorrichtung gemäß Anspruch 3 oder 4 ermittelt werden.
6. Verfahren nach Anspruch 5 dadurch **gekennzeichnet**, dass für die Berechnung der Kennlinie oder der Parameter zusätzlich der Ventilöffnungsweg und/oder die Federkraft bestimmt wird.
7. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, dadurch **gekennzeichnet**, dass der Ventilöffnungsweg und/oder die Federkraft mit für die Baureihe des Ventils festgelegten individuellen ventilcharakteristischen Größen mathematisch verknüpft wird und daraus der Druckgradient bei einem Spu-

lenstrom von  $I = 0$  berechnet wird.

8. Verfahren nach mindestens einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch **gekennzeichnet**, dass der funktionale Zusammenhang des Druckgradienten in Abhängigkeit vom Ventilstrom  $I$  nach der Formel  $Q = Q_0 + m * I$  angenähert wird, wobei der Druckgradient  $Q_0$  bei einem Strom von  $I = 0$  Ampere durch Messung des Ventilöffnungswegs und/oder der Federkraft bestimmt ist.
9. Verfahren nach mindestens einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch **gekennzeichnet**, dass zur Kalibrierung des Ventils die Kennlinie/n oder Parameter des Ventils in einer mit der hydraulischen Vorrichtung verbundenen oder verbindbaren elektronischen Regeleinrichtung gespeichert werden.
10. Verfahren nach mindestens einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch **gekennzeichnet**, dass die Stößelkraft oder der magnetische Widerstand  $RM$  oder die Spuleninduktivität bestimmt wird.
11. Verfahren nach mindestens einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch **gekennzeichnet**, dass aus der Stößelkraft die Stellung des Ventilstößels bestimmt wird.
12. Verfahren nach mindestens einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch **gekennzeichnet**, dass der Fluss  $\Phi$  oder der magnetische Widerstand  $RM$  über die oben erwähnte Regelschleife eingeregelt wird.



13. Verfahren und Vorrichtung nach mindestens einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch **gekennzeichnet**, dass der Ansteuerstrom des Aktors der Ventilstrom einer elektrohydraulischen Anlage, insbesondere eines elektronischen Bremssystems ist.
14. Verfahren und Vorrichtung nach mindestens einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch **gekennzeichnet**, dass der Spulenstrom getaktet ist.
15. Verfahren zur Druckmessung eines Fluids mittels eines elektromagnetisch angesteuerten Ventils ohne zusätzliche Drucksensoren, insbesondere in einer hydraulischen Vorrichtung zur Bremsenregelung, bei dem mit einem elektrischen Regelkreis die Stößelposition geregelt wird und aus der auf den Stößel wirkenden Kraft, welche nach den vorangegangenen Verfahrens und Vorrichtungsansprüchen elektrisch messbar ist, der Druck in der Fluidleitung und/oder die Druckdifferenz im Ventil ausgerechnet wird.

Blockschaltbild für Kalibriervorgang:

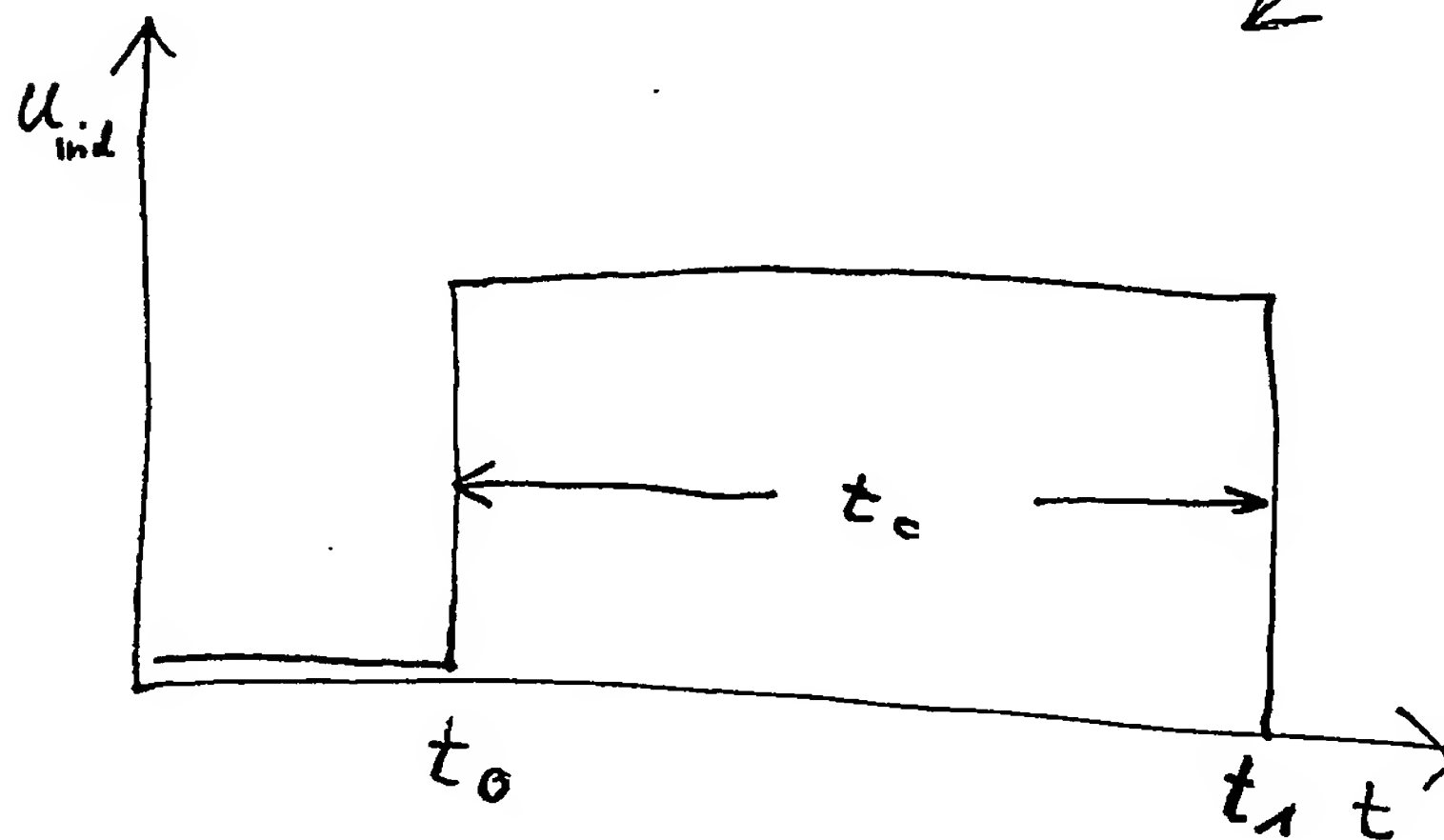
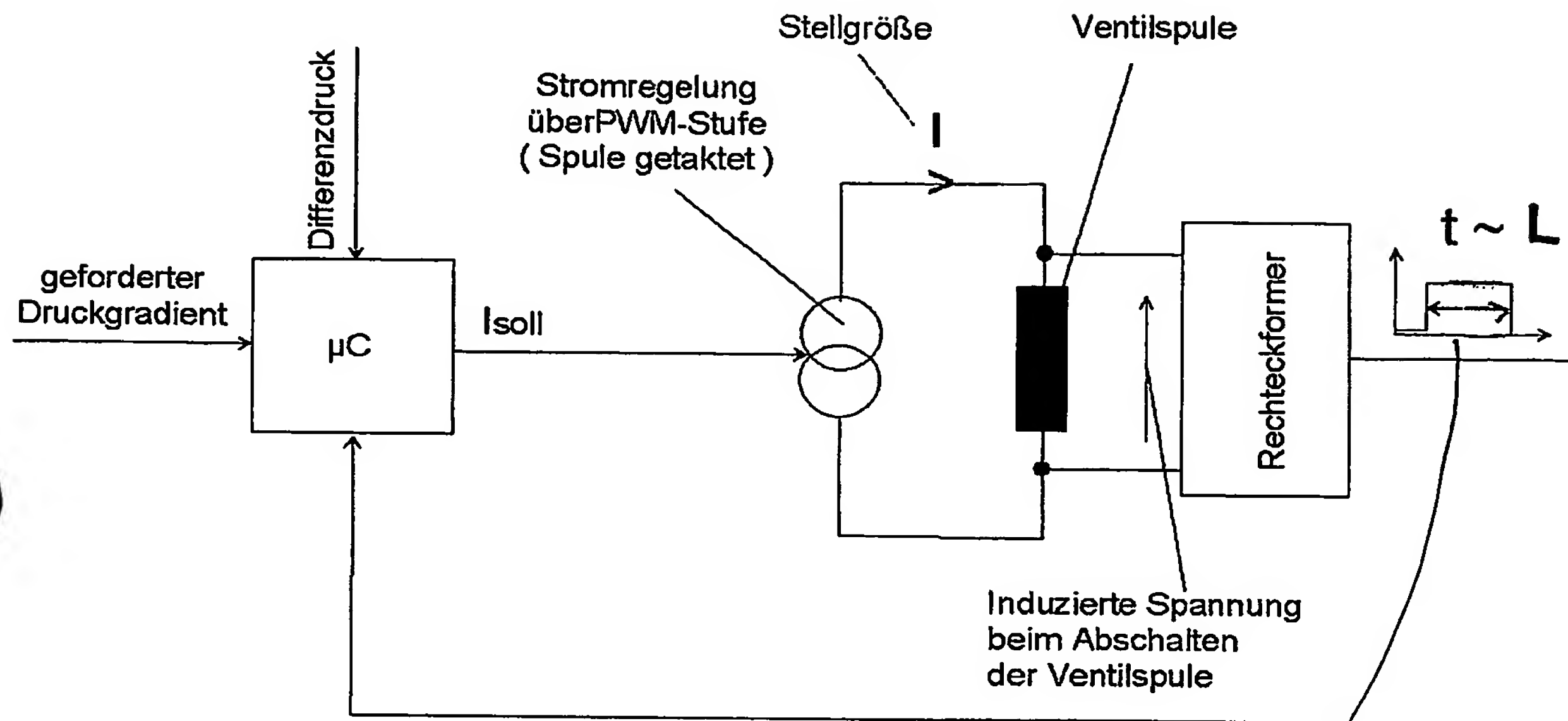
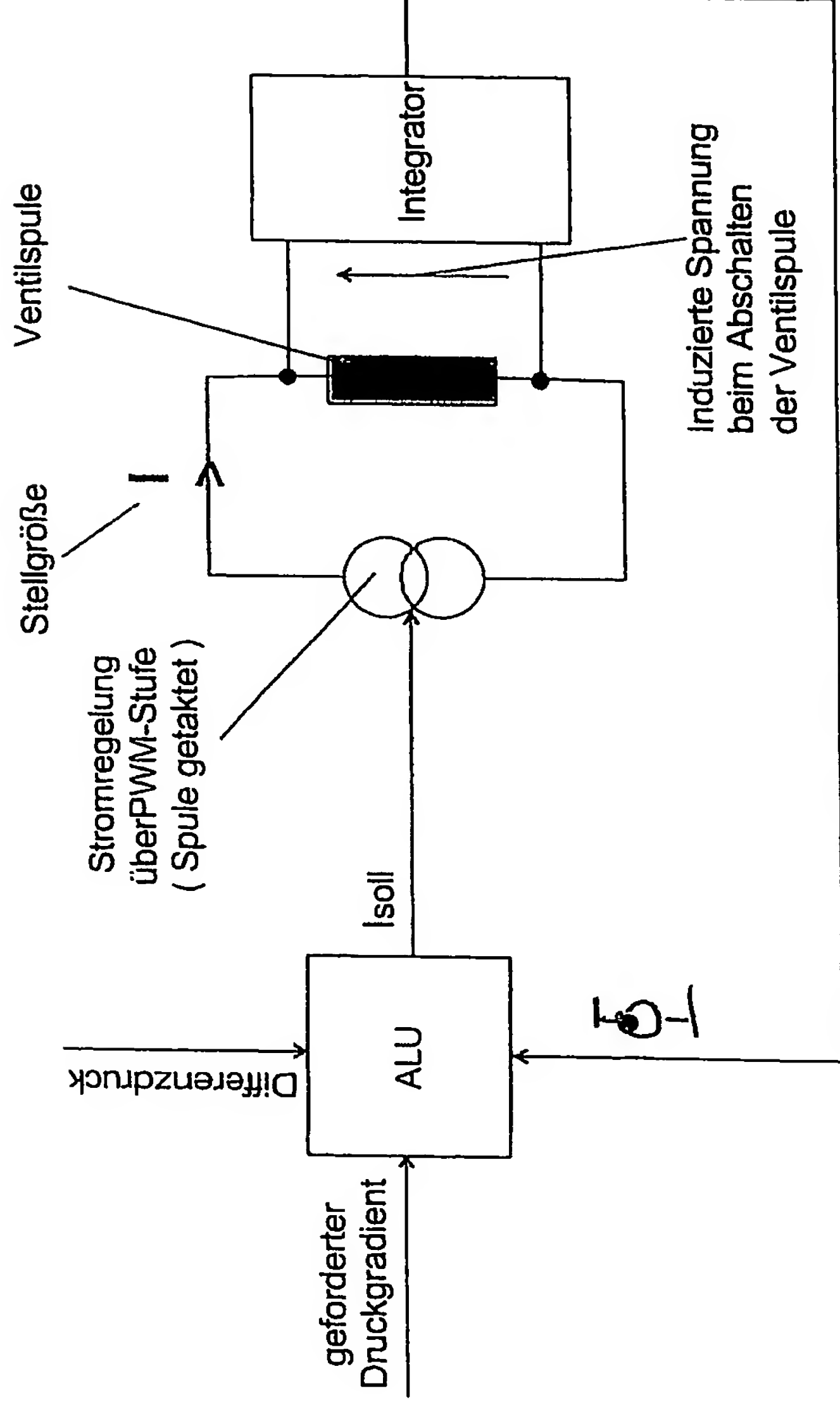


Fig. 1

(nicht erfindungsgemäß)

## Aufbau des Steuerkreises Messpule:

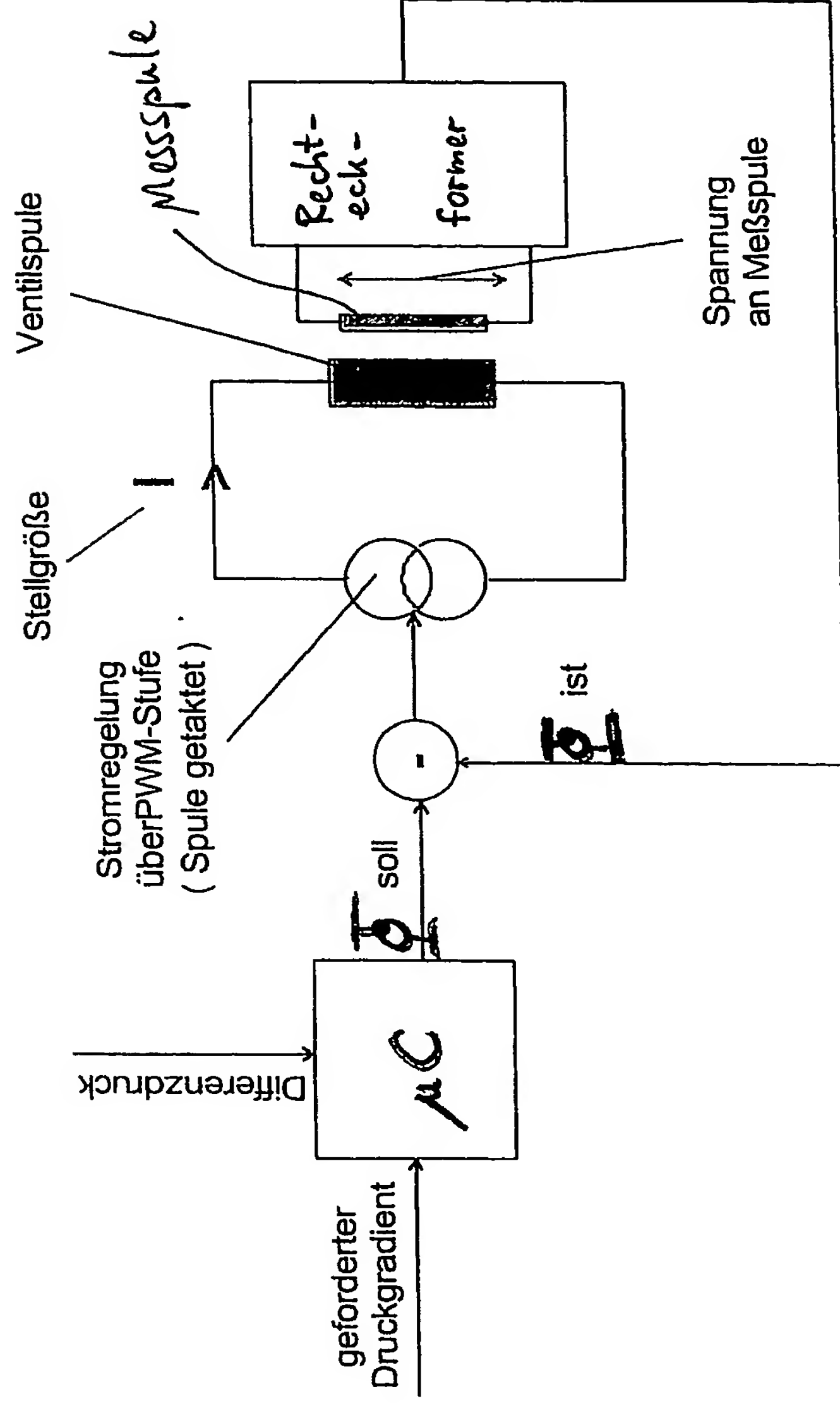


214

## Stößelkraft - Regelung / Steuerung Steuerkreis Magnetfluß

Fig.-2

## Aufbau des Regelkreises mit Meßspule



314

Stößelkraft - Regelung / Steuerung  
Regelkreis Magnetfluß

Fig. 3

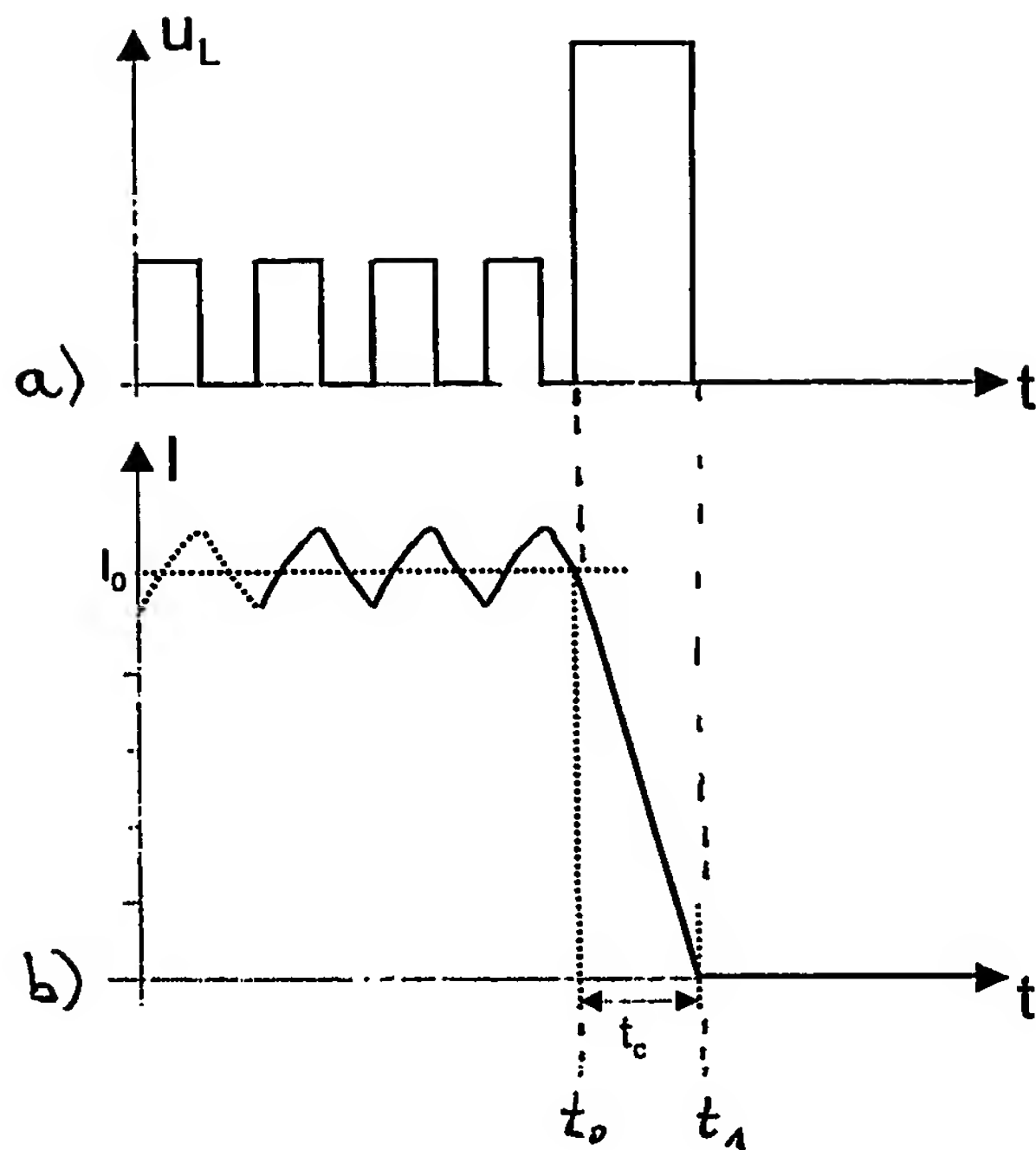


Fig. 4

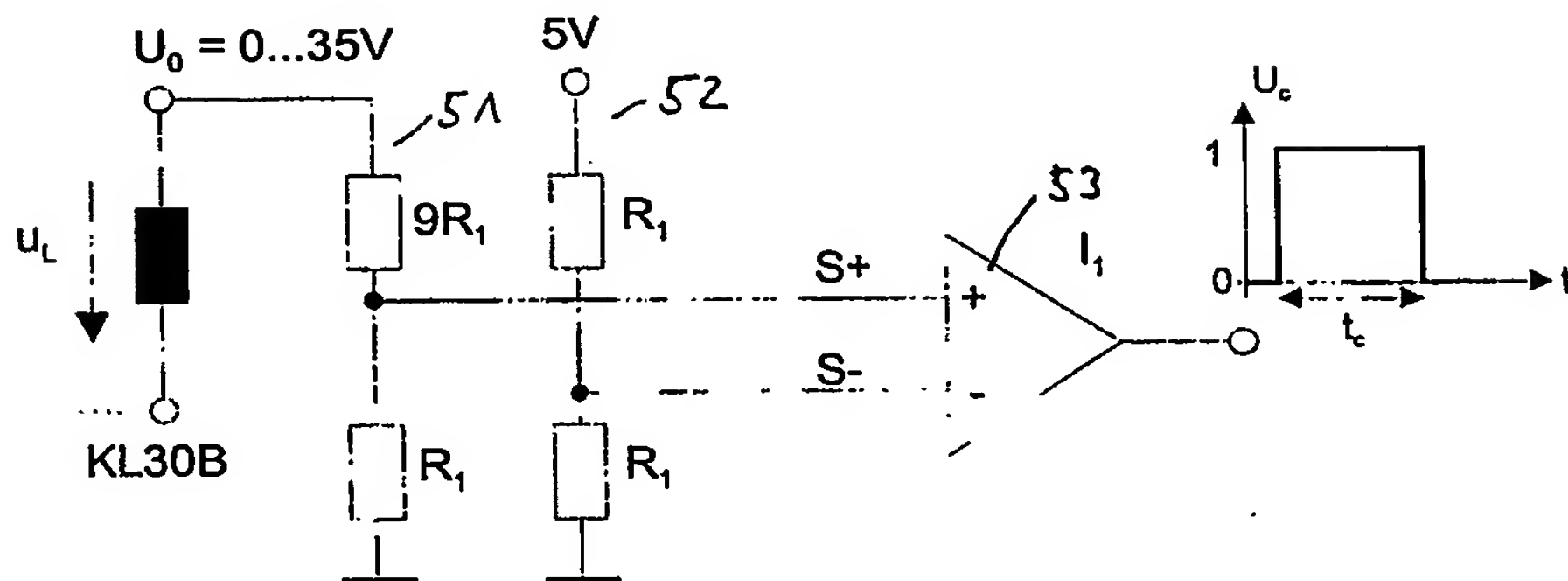


Fig. 5



**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning  
Operations and is not part of the Official Record**

**BEST AVAILABLE IMAGES**

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☒ **BLACK BORDERS**
- ☐ **IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES**
- ☐ **FADED TEXT OR DRAWING**
- ☐ **BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING**
- ☐ **SKEWED/SLANTED IMAGES**
- ☐ **COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS**
- ☐ **GRAY SCALE DOCUMENTS**
- ☐ **LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT**
- ☐ **REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY**
- ☐ **OTHER:** \_\_\_\_\_

**IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.**

**As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.**